

Penentuan Korelasi Perubahan Kecepatan Angin dan Kekuatan Radiasi terhadap Ketinggian Lapisan Inversi dan Hubungannya dengan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya

Ni Putu Isana Wikandari, Hastuardi Harsa, Abdu Fadli Assomadi, dan Rachmat Boedisantoso
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: boedisantoso@enviro.its.ac.id

Abstrak— Dispersi polutan pada udara ambien dipengaruhi oleh ketinggian lapisan inversi yang membatasi ruang *mixing height* di Kota Surabaya. Ketinggian lapisan inversi dipengaruhi oleh faktor meteorologi dan kestabilan atmosfer di suatu daerah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan perubahan kecepatan angin dan kekuatan radiasi terhadap ketinggian lapisan inversi dan kualitas udara ambien di Kota Surabaya. Metode yang digunakan untuk analisis korelasi dalam penelitian ini adalah metode korelasi *Pearson*. Data ketinggian lapisan inversi didapatkan dari profil temperatur terhadap ketinggian hasil pengukuran radiosonde BMKG Juanda pada tahun 2009 hingga 2014. Analisis korelasi yang dilakukan diasumsikan dalam keadaan normal sehingga data yang digunakan adalah data hasil pelingkupan pada pukul 00.00 WIB dan 12.00 WIB dengan nilai persentil 10% dari tahun 2009 hingga 2014. Lapisan inversi pada Kota Surabaya kemungkinan merupakan lapisan *subsidence inversion*. Lapisan inversi tersebut memiliki korelasi berbanding terbalik pada pukul 00.00 WIB dan korelasi berbanding lurus pada pukul 12.00 WIB terhadap kecepatan angin, sedangkan untuk kekuatan radiasi tidak berkorelasi. Korelasi ketinggian lapisan inversi dengan kualitas udara ambien SO_2 berbanding terbalik, namun tidak berkorelasi dengan NO_2 dan O_3 .

Kata Kunci— Kecepatan Angin, Kekuatan Radiasi, Lapisan Inversi, Kualitas Udara Ambien.

I. PENDAHULUAN

Kualitas udara ambien suatu kota dipengaruhi oleh faktor meteorologi pada kota tersebut [1]. Faktor meteorologi seperti kecepatan angin dan radiasi matahari mengakibatkan terjadinya turbulensi mekanis dan mempengaruhi kestabilan atmosfer serta ketinggian lapisan inversi [2]. Kestabilan atmosfer dan lapisan inversi akan mengurangi tingkat *mixing height*, sehingga membatasi dispersi pencemar yang dilepaskan secara vertikal ke atmosfer [1]. Semakin level ketinggian lapisan inversi mendekati permukaan bumi, semakin kecil area *mixing height* sehingga mengakibatkan proses dispersi polutan minimum dan kualitas udara ambien menjadi buruk.

Kondisi topografi Kota Surabaya sebagian besar berupa dataran rendah antara 3-6 m di atas permukaan laut, daerah

berbukit hanya terletak di bagian selatan 20-30 m di atas permukaan laut [3]. Kecepatan angin rata-rata tahun 2012 Kota Surabaya berkisar antara 5,3-8,3 knots [4]. Kota Surabaya beriklim tropis, sehingga lama penyinaran matahari terjadi sepanjang hari [3]. Kekuatan radiasi maksimum pada tahun 2012 yaitu mencapai 1200 watt/m² dengan lama penyinaran bulanan maksimum mencapai 250 jam dalam satu bulan [4].

Berdasarkan pemantauan pada SUF oleh Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya tahun 2001-2008, kualitas udara rata-rata di Kota Surabaya berstatus dalam kondisi baik dan sedang berkisar antara 96-98% setiap tahunnya [5]. Kondisi kecepatan angin dan kekuatan radiasi serta lama penyinaran yang cukup tinggi di Kota Surabaya, menyebabkan suhu udara tinggi (suhu maksimum mencapai lebih dari 30⁰ C) dan menyebabkan turbulensi mekanis arah vertikal lebih baik, sehingga menyebabkan penekanan lapisan inversi ke level yang lebih tinggi dan area *mixing height* lebih luas [3][6][7]. Oleh karena itu, kualitas udara rata-rata di Surabaya dalam status kondisi baik hanya 27 – 86 hari (tidak lebih dari 24%) dalam setahun [5]. Hal tersebut dikarenakan emisi polutan yang tidak sebanding dengan daya dukung kondisi meteorologis dalam mendispersikan polutan di udara ambien Kota Surabaya. Kebijakan yang sesuai dalam pengelolaan kualitas udara berdasarkan kondisi meteorologis Kota Surabaya dibutuhkan untuk meningkatkan status kualitas udara menjadi lebih baik.

Penelitian ini bertujuan menganalisis adanya pengaruh kecepatan angin dan kekuatan radiasi terhadap ketinggian lapisan inversi sebagai daya dukung dispersi polutan serta dikorelasikan terhadap pembacaan kualitas udara ambien di Surabaya. Setelah diketahui korelasi antara parameter meteorologis, ketinggian inversi, serta kualitas udara ambien di Surabaya dapat menentukan kebijakan pengelolaan kualitas udara oleh pemerintah setempat.

II. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan sumber referensi yang berhubungan dengan pokok penelitian

ini berupa jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu. Referensi yang digunakan adalah teori mengenai hubungan faktor meteorologi terhadap ketinggian lapisan inversi dan kualitas udara ambien.

Data sekunder yang digunakan untuk analisis korelasi adalah sebagai berikut:

1. Data kualitas udara ambien SO_2 , NO_2 , dan O_3 setiap jam Kota Surabaya dalam lima tahun terakhir (2009-2014) dalam bentuk data konsentrasi hasil pengukuran SUF 1,3,4, dan 5 Kota Surabaya.
2. Data kondisi meteorologi Kota Surabaya berupa data setiap jam kecepatan angin dalam lima tahun terakhir (2009-2014) yang berasal dari BMKG Juanda dan data kekuatan radiasi hasil pengukuran SUF 1 Taman Prestasi Kota Surabaya.
3. Data pengukuran radiosonde BMKG Juanda berupa profil temperatur berdasarkan ketinggian untuk menentukan ketinggian lapisan inversi Kota Surabaya.

Data yang digunakan untuk melakukan analisis korelasi diasumsikan adalah data dalam keadaan normal hasil pelingkupan data pada pukul 00.00 WIB dan 12.00 WIB dengan nilai persentil 10%.

B. Metode Analisis

1. Identifikasi dan Penentuan Ketinggian Lapisan Inversi

Identifikasi terhadap jenis lapisan inversi dilakukan dengan membandingkan profil temperatur terhadap ketinggian hasil pengukuran radiosonde BMKG Juanda Surabaya dengan profil temperatur berdasarkan jenis inversi pada sumber referensi. Sedangkan penentuan ketinggian lapisan inversi dilakukan dengan menganalisis kenaikan dan penurunan temperatur pada profil temperatur terhadap ketinggian hasil pengukuran radiosonde BMKG Juanda Surabaya yang signifikan pada ketinggian tertentu.

2. Analisis Korelasi

Metode korelasi yang digunakan merupakan metode korelasi *Pearson*. Rumus yang digunakan adalah:

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Keterangan :

- r = Koefisien korelasi *Pearson*
- X = Variabel x dalam skala interval
- Y = Variabel y dalam skala interval
- n = Jumlah responden

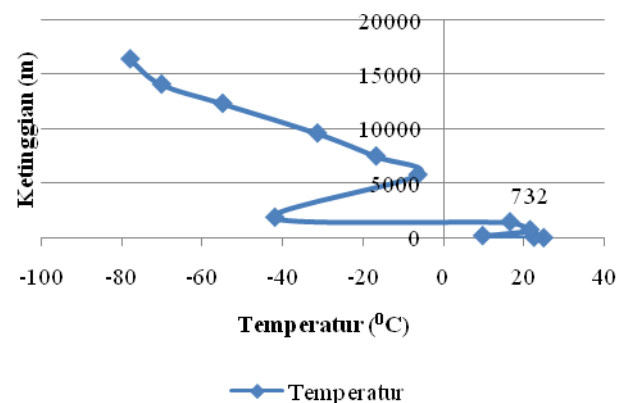
III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Penentuan Jenis dan Ketinggian Lapisan Inversi

Ketinggian lapisan inversi ditentukan berdasarkan gradien penurunan dan kenaikan temperatur udara ambien berdasarkan ketinggian. Untuk mempermudah penentuan ketinggian lapisan inversi di Kota Surabaya maka dibuat profil temperatur berdasarkan ketinggian hasil pengukuran radiosonde. Berikut pada Tabel 1 dan Gambar 1 merupakan contoh pengolahan data dan profil temperatur hasil pengukuran radiosonde:

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Radiosonde BMKG Juanda Tanggal 1 Januari 2009 Pukul 00.00 WIB

Tanggal	Jam	Ketinggian (m)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)
01/01/2009	00.00	0	24,8
		51	22,4
		194	9,6
		732	21,4
		1460	16,4
		1880	-42,1
		5800	-6,5
		7510	-16,9
		9620	-31,5
		12350	-55,1
		14120	-70,3
		16440	-78,1



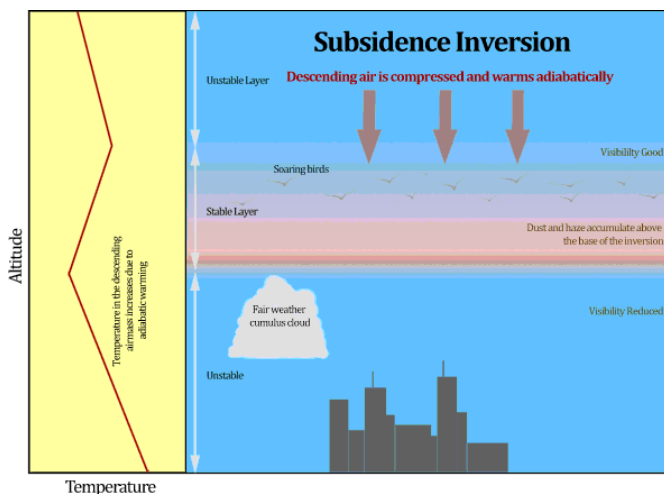
Gambar 1. Profil Temperatur Hasil Pengolahan Data Pengukuran Radiosonde BMKG Juanda Tanggal 1 Januari 2009 Pukul 00.00 WIB

Penentuan ketinggian lapisan inversi pada profil temperatur yang telah dibuat adalah dengan memilih titik ketinggian yang setelah titik tersebut memiliki gradien penurunan dan kenaikan temperatur yang paling tinggi. Titik yang dipilih merupakan titik yang paling mendekati permukaan bumi. Setelah ketinggian 732 m dapat dilihat pada tabel 1. bahwa terjadi penurunan temperatur dari 21,4 $^{\circ}\text{C}$ menjadi -42,1 $^{\circ}\text{C}$ pada ketinggian 1880 m. Kemudian terjadi kenaikan temperatur menjadi -6,5 $^{\circ}\text{C}$ pada ketinggian 5800 m. Sehingga dapat ditentukan bahwa ketinggian lapisan inversi tanggal 1 Januari 2009 pada pukul 00.00 WIB adalah 732 m, karena setelah ketinggian tersebut terdapat gradien penurunan dan kenaikan temperatur udara ambien yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat secara jelas pada profil temperatur yang dibuat pada gambar 1.

Dari hasil pengolahan data dari tahun 2009-2014 didapatkan rata-rata ketinggian lapisan inversi pada pukul 00.00 WIB adalah 771 m. Sedangkan pada pukul 12.00 WIB adalah 762 m. Rata-rata ketinggian lapisan inversi pada malam hari lebih tinggi dibandingkan pada siang hari. Hal ini ditemukan pula pada analisis ketinggian lapisan inversi di Chengdu, China dengan *numerical model (the AREM)* [8]. Hal tersebut mengindikasikan adanya adveksi pada level lapisan inversi tersebut dimana temperatur pada lapisan di bawahnya lebih

rendah, sehingga menyebabkan level ketinggian lapisan inversi lebih tinggi pada malam hari daripada siang hari.

Pada penelitian ini kemungkinan inversi yang diamati adalah lapisan *subsidence inversion*. Hal tersebut disebabkan profil temperatur rata-rata dalam lima tahun pengamatan serupa dengan profil temperatur pada gambar 2. *Subsidence inversion* terjadi ketika sebuah lapisan luas udara turun karena lapisan tersebut memiliki suhu yang lebih dingin dari suhu lapisan di bawahnya [9]. Jika dilihat pada profil temperatur hasil pengukuran radiosonde dapat dilihat bahwa di atas ketinggian 5000 m terjadi penurunan suhu terhadap ketinggian. Lapisan tersebut kemudian menekan dan memanaskan lapisan atmosfer di bawahnya, sehingga gradien penurunan temperatur atmosfer menurun atau bernilai positif [9]. Hal tersebut kemungkinan yang menyebabkan lapisan di bawah 5000 m pada profil temperatur Kota Surabaya memiliki gradien temperatur bernilai positif atau terjadinya kenaikan suhu terhadap ketinggian. Ketika massa udara turun hingga level yang cukup rendah, udara pada altitude yang lebih tinggi menjadi lebih hangat daripada altitude yang lebih rendah. Hal tersebut menyebabkan terjadinya lapisan inversi [9]. Pada gambar 2 di bawah ini merupakan gambaran profil temperatur dan kondisi *subsidence inversion* di Kota Surabaya.



Gambar 2. Kondisi Subsidence Inversion [10]

Subsidence inversion di Kota Surabaya kemungkinan terjadi akibat inti *anticyclones* pada atmosfer perlahan turun memanaskan udara dengan kompresi. Penurunan ini akan menghasilkan inversi tinggi dalam massa udara pada ketinggian tertentu. Sedangkan kondisi udara ambien di permukaan kota Surabaya memiliki temperatur yang lebih rendah. Kejadian serupa terjadi Southern California pada musim panas seperti yang kita terletak di dekat tepi timur Pasifik Tinggi, yang merupakan komponen dari *Hadley* sel sirkulasi global. *Subsidence inversion* memiliki konsekuensi penting bagi kualitas udara karena membatasi volume udara untuk dispersi polutan udara [11].

B. Analisis Korelasi Kecepatan Angin dan Kekuatan Radiasi dengan Ketinggian Lapisan Inversi

Berdasarkan pelingkupan data yang dilakukan sebelumnya, langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah mengkorelasikan data meteorologi yaitu kecepatan angin dan

kekuatan radiasi dengan data lapisan inversi dengan *Microsoft Excel* yaitu analisis korelasi *Pearson*. Dalam korelasi ini data meteorologi diinput sebagai data independen dan data ketinggian lapisan inversi diinput sebagai data dependen. Hal ini dikarenakan data meteorologi diasumsikan tidak dipengaruhi oleh perubahan ketinggian lapisan inversi atau bersifat independen. Sedangkan perubahan ketinggian lapisan inversi diasumsikan dipengaruhi oleh parameter meteorologi. Berikut hasil korelasi *Pearson* yang dilakukan dalam tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Hasil Korelasi Pearson antara Kecepatan Angin dan Kekuatan Radiasi dengan Lapisan Inversi Pukul 00.00 WIB.

Kecepatan Angin dengan Lapisan Inversi	Kekuatan Radiasi dengan Lapisan Inversi
-0,235	0,013

Tabel 3. Hasil Korelasi Pearson antara Kecepatan Angin dan Kekuatan Radiasi dengan Lapisan Inversi Pukul 00.00 WIB

Kecepatan Angin dengan Lapisan Inversi	Kekuatan Radiasi dengan Lapisan Inversi
0,116	0,050

Berdasarkan hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa korelasi parameter meteorologi kecepatan angin dan kekuatan radiasi terhadap ketinggian lapisan inversi pada Kota Surabaya lemah karena nilai korelasi mendekati nilai 0 [12]. Pada hasil korelasi kecepatan angin dan lapisan inversi didapatkan pada pukul 00.00 WIB nilai korelasi negatif dan pada pukul 12.00 WIB didapatkan nilai korelasi positif. Dengan nilai korelasi positif, maka pada siang hari korelasi keduanya berbanding lurus yaitu semakin tinggi kecepatan angin pada permukaan Kota Surabaya maka semakin tinggi level ketinggian lapisan inversi. Namun pada malam hari kondisi ini tidak sama karena nilai korelasi yang negatif menandakan bahwa kecepatan angin lebih lambat maka lapisan inversi semakin tinggi.

Dari data pengamatan pada pukul 00.00 WIB diketahui bahwa angin dominan berasal dari Selat Madura. Pada malam hari temperatur di laut lebih tinggi daripada daratan. Pada wilayah perkotaan karakteristik bahan bangunan seperti aspal, beton, dan baja memiliki daya penyimpanan panas yang tinggi [13]. Kondisi Kota Surabaya merupakan daerah perkotaan yang memiliki gedung dengan karakteristik bangunan thermal konduktor. Sehingga pada saat kecepatan angin tinggi kondisi temperatur di permukaan akan lebih rendah. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya lapisan inversi karena di ketinggian tertentu pada atmosfer Kota Surabaya terdapat proses adveksi sedangkan di permukaan Kota Surabaya terdapat pendinginan akibat kecepatan angin yang tinggi.

Parcel udara di atas permukaan kota Surabaya memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada permukaan akibat proses *subsidence*. Sedangkan angin laut yang membawa udara hangat berhembus di bawah parcel udara tersebut dan menghangatkan udara di bawah lapisan tersebut dengan kecepatan angin yang tinggi. Hal tersebut menyebabkan ketebalan parcel udara hangat semakin tebal dan ketinggian lapisan inversi akan lebih rendah pada kondisi ini. Pada saat ini ketinggian lapisan inversi akan berbanding terbalik dengan kecepatan angin.

Sedangkan untuk korelasi kecepatan angin dan ketinggian lapisan inversi pada pukul 12.00 WIB berbanding lurus. Hal tersebut dikarenakan pada saat kecepatan angin meningkat terjadi turbulensi konvektif pada parcel udara hangat pada atmosfer, sehingga kondisi atmosfer tidak stabil dan ketinggian lapisan inversi meningkat. Pada kondisi tersebut pula lapisan permukaan memiliki suhu yang relatif lebih tinggi karena faktor kecepatan angin yang lebih tinggi sesuai ketinggian.

Namun sesungguhnya korelasi kecepatan angin tidak signifikan terhadap ketinggian lapisan inversi [9]. Hal ini dikarenakan lapisan inversi lebih signifikan terbentuk akibat kenaikan temperatur terhadap ketinggian karena densitas parcel udara di dekat permukaan lebih besar akibat temperatur yang lebih rendah dari atmosfer dan terbentuknya lapisan stabil pada atmosfer. Kecepatan angin yang tinggi sebenarnya akan membuat kondisi atmosfer stabil karena tidak terjadinya perbedaan temperatur udara atau dalam keadaan isothermal. Namun dengan adanya radiasi matahari menyebabkan terjadinya turbulensi konvektif yang mengakibatkan proses dilusi polutan secara vertikal lebih baik.

Korelasi kekuatan radiasi dengan lapisan inversi juga lemah bahkan dapat dianggap tidak terdapat korelasi antara kekuatan radiasi dan lapisan inversi di Kota Surabaya. Hal ini tidak sesuai karena kekuatan radiasi berfungsi untuk memanaskan parcel udara sehingga memiliki daya apung yang tinggi pada atmosfer [2]. Sehingga korelasi yang dapat terjadi seharusnya bernilai positif atau berbanding lurus. Semakin intensitas radiasi matahari tinggi semakin tinggi pula ketinggian level lapisan inversi.

Korelasi yang tidak signifikan antara kekuatan radiasi dan ketinggian lapisan inversi mungkin terjadi karena lapisan inversi yang diamati adalah lapisan inversi *subsidence inversion*, yang terjadi karena lapisan tersebut dikompresi dan dipanaskan oleh kenaikan tekanan udara di atmosfer, sehingga gradien penurunan temperatur atmosfer menurun atau bernilai positif [9].

C. Analisis Korelasi Ketinggian Lapisan Inversi dan Kualitas Udara Ambien Kota Surabaya

Pada analisis korelasi ini data yang digunakan berasal dari SUF yang menyediakan data dengan konsisten dan memiliki minimum data error saat pengukuran. Data error saat pengukuran diasumsikan adalah data yang memiliki variasi data yang minimum bahkan selalu menghasilkan data yang sama pada jam dan tanggal tertentu dalam jangka waktu yang cukup lama. Setiap parameter kualitas udara menggunakan data dari SUF yang berbeda-beda. Pada data parameter SO_2 data yang digunakan adalah data pada SUF 1,3,4, dan 5. Sedangkan untuk parameter NO_2 digunakan data pada SUF 1 dan 4. Parameter O_3 menggunakan data pada stasiun 1,4 dan 5. Data pada SUF 6 dan 7 tidak digunakan karena baru beroperasi pada tahun 2012, sehingga tidak dapat mewakili data selama lima tahun terakhir (2009-2014).

Berikut hasil korelasi *Pearson* yang dilakukan dalam Tabel 4 sampai tabel 9.

Tabel 4. Hasil Korelasi *Pearson* antara Lapisan Inversi dengan Gas SO_2 Pukul 00.00 WIB

SO_2						
SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7
-0,136	-	-0,381	-0,339	-0,181	-	-

Tabel 5. Hasil Korelasi *Pearson* antara Lapisan Inversi dengan Gas NO_2 Pukul 00.00 WIB

NO_2						
SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7
-0,065	-	-	-0,033	-	-	-

Tabel 6. Hasil Korelasi *Pearson* antara Lapisan Inversi dengan Gas O_3 Pukul 00.00 WIB

O_3						
SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7
-0,020	-	-	0,020	0,090	-	-

Tabel 7. Hasil Korelasi *Pearson* antara Lapisan Inversi dengan Gas SO_2 Pukul 12.00 WIB

SO_2						
SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7
-0,110	-	-0,469	-0,350	-0,030	-	-

Tabel 8. Hasil Korelasi *Pearson* antara Lapisan Inversi dengan Gas NO_2 Pukul 12.00 WIB

NO_2						
SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7
-0,044	-	-	-0,083	-	-	-

Tabel 9. Hasil Korelasi *Pearson* antara Lapisan Inversi dengan Gas O_3 Pukul 12.00 WIB

O_3						
SUF 1	SUF 2	SUF 3	SUF 4	SUF 5	SUF 6	SUF 7
-0,022	-	-	-0,003	0,023	-	-

Berdasarkan hasil analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa, lapisan inversi memiliki korelasi berbanding terbalik yang lemah dengan konsentrasi gas SO_2 , sedangkan untuk NO_2 dan O_3 tidak berkorelasi. Nilai korelasi negatif tertinggi adalah nilai korelasi SO_2 pada pukul 00.00 WIB dan 12.00 WIB pada SUF 3. Korelasi berbanding terbalik disebabkan karena lapisan inversi akan mengurangi tingkat *mixing height*, sehingga membatasi dispersi pencemar yang dilepaskan secara vertikal ke atmosfer. Semakin level ketinggian lapisan inversi mendekati permukaan bumi, semakin kecil area *mixing height* sehingga mengakibatkan proses dispersi polutan minimum dan kualitas udara ambien menjadi buruk. Namun terjadi perbedaan nilai korelasi pada gas O_3 pada SUF 4 dan 5 pukul 00.00 WIB serta pada SUF 5 pukul 12.00 WIB. Hal ini dimungkinkan karena sifat O_3 yang merupakan pencemar sekunder sehingga konsentrasinya tidak hanya dipengaruhi proses dilusi oleh ketinggian lapisan inversi namun juga proses transformasi salah satunya oleh radiasi matahari. Jika

dilihat dari nilai korelasinya dapat disimpulkan bahwa korelasi lapisan inversi Surabaya terhadap parameter kualitas udara ambien lemah.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Lapisan inversi yang diamati di Kota Surabaya merupakan *subsidence inversion*. Lapisan inversi tersebut memiliki korelasi lemah berbanding terbalik pada pukul 00.00 WIB dan korelasi lemah berbanding lurus pada pukul 12.00 WIB terhadap kecepatan angin. Kekuatan radiasi tidak memiliki korelasi terhadap ketinggian lapisan inversi tersebut, baik pada pukul 00.00 WIB maupun pada pukul 12.00 WIB.
2. Korelasi antara ketinggian lapisan inversi dengan kualitas udara ambien konsentrasi SO_2 lemah berbanding terbalik pada pukul 00.00 WIB dan pukul 12.00 WIB. Hal tersebut menandakan bahwa semakin tinggi lapisan inversi semakin rendah konsentrasi SO_2 , karena ruang *mixing height* semakin besar. Namun, ketinggian inversi tidak berkorelasi dengan konsentrasi NO_2 dan O_3 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Bapak Rachmat Boedisantoso dan Bapak Abdu Fadli Assomadi atas bimbingan yang telah diberikan kepada saya selama proses penyusunan laporan tugas akhir maupun paper. Terima kasih juga diucapkan untuk Bapak Sutikno, Bapak Hastuardi Harsa dari BMKG dan pihak Badan Lingkungan Hidup Surabaya atas data-data yang telah digunakan dalam penyelesaian paper.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mamtimin, B., dan Meixner, F.X. 2011. "Air Pollution and Meteorological Process in The Growing Dryland City of Urumqi (Xinjiang, China)". *Science of Total Environment*. Germany: 409, 1277-1290.
- [2] Khan, S. M., 2000. *Modelling and Estimation of Mixing Height For Brisbane Airshed*. Brisbane: Faculty of Environmental Science, Griffith University.
- [3] Anonim. 2005. *Laporan Kualitas Lingkungan Kota Surabaya*. Surabaya: Badan Lingkungan Hidup.
- [4] Anonim. 2012. *Meteorologi Kota Surabaya*. Surabaya: Badan Meteorologi Geofisika I Perak.
- [5] Anonim. 2008. *Laporan Kualitas Lingkungan Kota Surabaya*. Surabaya: Badan Lingkungan Hidup.
- [6] Li, L., Qian, J., Chun-Quan, O., Ying-Xue, Z., Guo, C. dan Guo, Y. 2014. "Spatial and Temporal Analysis of Air Pollution Index and Its Timescale-dependent Relationship with Meteorological Factors in Guangzhou, China, 2001-2011". *Environmental Pollution*. China: 190, 75e81.
- [7] Wang, X.Y. dan Wang, K.C., 2014. "Estimation of Atmospheric Mixing Layer Height From Radiosonde Data". *Atmospheric Measurement Techniques*. China: 7, 1701-1709.
- [8] Li, Y., Yan, J., Xingbin Sui. 2011. "Tropospheric temperature inversion over central China". *Atmospheric Research* 116 (2012) 105–115
- [9] Seinfeld, J.H. 1986. *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. California: Wiley Interscience Publication.

- [10] Griffin, S. 2014. *Temperature Inversions*, (URL: <http://www.brisbanehotairballooning.com.au/faqs/education/121-temperature-inversions.html>).
- [11] Huber, A. 2004. *Inversion Layer*, (URL: http://www.csun.edu/~hmc60533/CSUN_103/weather_exercises/soundings/smog_and_inversions/Inversions.htm)
- [12] Walpole, R.E. 1992. *Pengantar Statistika*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [13] Boubel, R.W., Fox D. L., Turner, D.B., dan Stern A.C. 1994 *Fundamental of Air Pollution*. London: Academic Press.